

STUDI PENERAPAN MODEL KOREKSI BEDA TINGGI METODE TRIGONOMETRI PADA TITIK-TITIK JARING PEMANTAU VERTIKAL CANDI BOROBUDUR DENGAN TOTAL STATION

(Implementation of Height Difference Correction Model Study with Trigonometric Method of the Borobudur Temple Vertical Monitoring Network Points Using Total Station)

Githa Eka Rosalina

Badan Informasi Geospasial (BIG)

Jl. Raya Jakarta-Bogor Km 46 Cibinong 16911, Indonesia

E-mail: githa.eka@big.go.id

Diterima (received): 30 Juli 2015; Direvisi (revised): 5 September 2015; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 30 Oktober 2015

ABSTRAK

Pengukuran beda tinggi dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu beda tinggi dengan menggunakan Sipat Datar dan beda tinggi menggunakan Total Station atau biasa disebut dengan beda tinggi metode Trigonometri. Pengukuran beda tinggi dengan Sipat Datar lebih teliti dibandingkan dengan metode Trigonometri. Hal ini dikarenakan ketelitian beda tinggi dengan Total Station bergantung pada besaran-besaran yang harus diukur, seperti ketelitian hasil ukuran sudut vertikal, jarak, tinggi instrumen dan tinggi reflektor. Melalui penelitian ini, diharapkan kedepannya pengukuran beda tinggi dengan Total Station dapat menghasilkan beda tinggi dengan ketelitian yang mendekati dengan pengukuran dengan Sipat Datar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penerapan model koreksi beda tinggi metode Trigonometri yaitu $y = 0,000126x + 0,0014$ terhadap ketelitian penentuan tinggi yang dihasilkan, dengan mengambil kasus jaring pemantau stabilitas Candi Borobudur. Penelitian dilakukan dengan menggunakan data jaring vertikal Sipat Datar Leica SPRINTER-100 Candi Borobudur tahun 2011 dan data jaring vertikal Total Station Nikon DTM-322 Candi Borobudur tahun 2012. Pada jaring vertikal Total Station diberikan model koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$. Data diproses menggunakan hitung perataan kuadrat terkecil dengan metode parameter terkendala minimal. Pengujian untuk analisis hasil dilakukan dengan menggunakan Uji Fisher dan Uji-t dengan tingkat kepercayaan 95%. Proses pengujian dilakukan pada varian masing-masing data yang dihasilkan, kemudian dilakukan pengujian tinggi titik yang diestimasi untuk melihat hasil penentuan tinggi dengan Total Station yang dibandingkan dengan Sipat Datar. Hasil dari penerapan model koreksi beda tinggi pada jaring vertikal Total Station Nikon DTM-322 ini bersifat sistematis. Dalam penelitian ini model koreksi tersebut tidak secara signifikan memberikan perubahan pada ketelitian pengukuran tersebut.

Kata kunci: jaring vertikal Candi Borobudur, model koreksi beda tinggi, ketelitian tinggi

ABSTRACT

Measurement of height differences can be obtained by two approaches, that is leveling and trigonometric methods using Total Station. The levelling method is more accurate than trigonometric because the accuracy depends on the precision of the vertical angle, distance, instrument's height and reflector's height data. In the future, the Total Station measurements expected could provide the accuracy of height differences approach the levelling. This research aims to find out the impact of giving the height difference model corrections using Trigonometric method, that is $y = 0,000126x + 0,0014$ to the precision and accuracy of the height determination using Total Station at Borobudur vertical monitoring network. Data used in this research are leveling data using Leica SPRINTER-100 of Borobudur network in 2011 and trigonometric leveling data using Nikon DTM-322 Total Station in 2012. Correction Model $y = 0,000126x + 0,0014$ was given height data of Borobudur network in 2012. The data was processed using least square adjustment with minimum constraint. Statistic test to analyze the result provides using Fisher and student t-test with 95% level of confidence. The test was done in each varian data, then the height test estimation conducted to find the Total Station measurement result compared by levelling. Evaluation result indicated that giving correction using model to height differences measured by TS Nikon DTM-322 can not improve the measurements accuracy, because the correction is systematic evaluation. In this study, the correction model is not significantly change in the measurement accuracy.

Keywords: vertical network Borobudur Temple, correction model of height difference, height accuracy

PENDAHULUAN

Balai Konservasi Borobudur melakukan pemantauan stabilitas Candi Borobudur melalui pengukuran secara periodik setiap tahun sejak 1983 sampai dengan sekarang (Setyawan, 2011). Pengukuran tersebut menggunakan metode poligon untuk jaring kontrol horizontal dan

metode Sipat Datar untuk jaring kontrol vertikal. Permasalahannya adalah pengukuran yang selama ini dilakukan belum optimal, sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap peralatan maupun metode pengukuran yang sudah digunakan.

Sipat Datar diakui sebagai alat atau metode yang paling baik dan teliti. Disamping itu,

prosedur pelaksanaan dan perhitungannya sederhana, namun untuk daerah yang tidak datar, seperti daerah Candi Borobudur yang berundak-undak, penggalan untuk pengukuran Sipat Datar harus dibuat dengan selisih jarak yang kecil, sehingga alat Sipat Datar dapat membidik rambu. Semakin curam daerah pelaksanaan pengukurannya, semakin banyak penggalan yang dibutuhkan. Hal ini juga menjadi kendala terhadap pengukuran jaring vertikal Candi Borobudur.

Cara lain yang diharapkan dapat digunakan sebagai alternatif dalam pengukuran beda tinggi adalah dengan menggunakan alat Total Station. Total Station diharapkan dapat menggantikan peran alat ukur Sipat Datar dan dapat menghemat waktu pengukuran. Akan tetapi, jika dibandingkan dengan alat Sipat Datar, Total Station mempunyai ketelitian yang lebih rendah dalam melakukan pengukuran beda tinggi. Hal ini dikarenakan banyaknya besaran-besaran yang harus diukur dibandingkan dengan alat Sipat Datar, sehingga memberikan kontribusi kesalahan yang lebih besar (Parseno, 1998).

Dikarenakan pengukuran beda tinggi dengan prinsip trigonometrik menghasilkan ketelitian yang lebih rendah, namun penggunaan Total Station memiliki kelebihan yaitu praktis digunakan di lapangan baik di medan yang datar maupun di medan yang bervariasi atau berundak-undak. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian hasil penentuan titik tinggi Candi Borobudur dengan Total Station yang dilaksanakan pada tahun 2012. Pada penelitian Parseno dan Yulaikha (2008) mendapatkan pola selisih beda tinggi antara Total Station dan Sipat Datar mendekati linier dengan persamaan $y = 0,000126x + 0,0014$. Adanya pola selisih beda tinggi tersebut mendasari penelitian kali ini. Pemberian koreksi dengan menggunakan persamaan pola selisih beda tinggi tersebut diharapkan dapat mengubah ketelitian beda tinggi yang dihasilkan oleh Total Station menjadi lebih baik atau mendekati ketelitian yang dihasilkan Sipat Datar.

Studi penentuan tinggi dengan Total Station pernah dilakukan sebelumnya. Parseno dan Yulaikhah (2008), membandingkan beda tinggi hasil pengukuran menggunakan alat Sipat Datar Leica SPRINTER-100 dan Total Station DTM-352 baik pada kondisi lapangan yang datar maupun yang bervariasi, untuk mengetahui pola perbedaan beda tinggi hasil pengukuran kedua alat tersebut. Fajri (2010), membandingkan ketelitian hasil pengukuran beda tinggi alat ukur Sipat Datar Leica SPRINTER-100 dan alat ukur Total Station Nikon DTM-352. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengukuran beda tinggi titik-titik kontrol yang sudah tersebar di sekitar

Fakultas Teknik UGM dengan kondisi lapangan yang bervariasi. Penelitian ini juga untuk membuktikan seberapa besar pengaruh koreksi hasil pemodelan pola selisih beda tinggi trigonometri terhadap Sipat Datar yang telah dilakukan Perwita (2009) untuk daerah yang relatif datar dengan jarak keseluruhan *loop* yang relatif pendek yaitu kurang dari 1,5 km.

Dengan merujuk pada penelitian dan latar belakang yang ada, penulis melakukan penelitian bagaimana perbandingan ketelitian jaring vertikal antara jaring vertikal yang diukur menggunakan alat Sipat Datar Leica SPRINTER-100 dan alat ukur Total Station Nikon DTM-322. Sebelumnya dilakukan koreksi dengan menggunakan persamaan $y = 0,000126x + 0,0014$ terhadap pengukuran beda tinggi dengan Total Station. Dimana y adalah koreksi beda tinggi, sedangkan x adalah beda tinggi yang dihasilkan dari pengukuran Total Station. Kemudian hasil koreksi tersebut atau nilai y dimasukkan kedalam nilai beda tinggi yang dihasilkan Total Station.

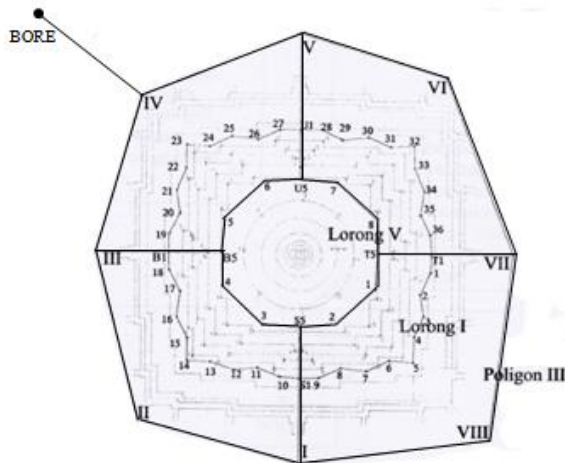
Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan beda tinggi hasil pengukuran Total Station dan Sipat Datar dan mengetahui pengaruh pemberian model koreksi beda tinggi metode trigonometri dengan persamaan $y = 0,000126x + 0,0014$ terhadap ketelitian pengukuran Total Station dengan keadaan lapangan yang berundak-undak.

METODE

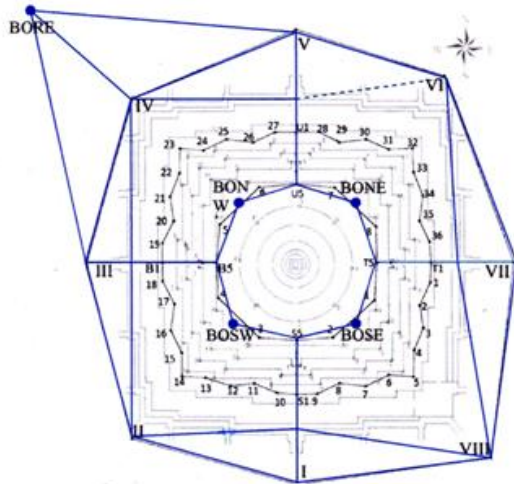
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengukuran beda tinggi dengan menggunakan Sipat Datar Leica SPRINTER-100 yang diperoleh dari hasil pengukuran tahun 2011 yang dilaksanakan oleh tim Kerja Praktek 2011 (Nugroho *et al.*, 2012) dan data pengukuran beda tinggi dengan menggunakan alat Total Station Nikon DTM-322 yang diperoleh dari hasil pengukuran tahun 2012 di area Candi Borobudur yang dilaksanakan oleh tim penelitian Dwi Lestari. **Gambar 1** dan **Gambar 2** berikut ini adalah gambar jaring pengukuran Sipat Datar tahun 2011 dan Total Station tahun 2012.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain peralatan pengumpulan data, perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak pengolahan data (*software*) meliputi:

1. Sistem operasi *windows 7* Ultimate
2. Microsoft word 2007, digunakan untuk penulisan laporan penelitian.
3. Microsoft excel 2007, digunakan untuk alat bantu hitung.



Gambar 1. Jaring Sipat Datar Candi Borobudur tahun 2011.



Gambar 2. Jaring Total Station Candi Borobudur tahun 2012.

Pendekatan masalah penelitian ini adalah pengukuran dengan menggunakan Sipat Datar menghasilkan ketelitian yang jauh lebih tinggi. Namun, penggunaan alat Sipat Datar mempunyai keterbatasan pada kondisi lapangan yang medannya bergelombang atau berundak-undak. Kemudian dibentuk hubungan selisih beda tinggi Sipat Datar dan Total Station terhadap jarak dengan menggunakan diagram scatter yang dilakukan oleh Parseno dan Yulaikha (2008). Persamaan tersebut adalah $y = 0,000126x + 0,0014$. Lokasi pengukuran yang diberikan koreksi dengan persamaan tersebut adalah lokasi yang dinilai masih datar. Dengan dasar tersebut penulis melakukan penelitian dengan memberikan model koreksi tersebut pada hasil pengukuran yang berundak-undak atau berelief seperti keadaan lokasi di Candi Borobudur. Sehingga kita dapat mengetahui bagaimana pengaruh pemberian model koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi titik-titik jaring vertikal Candi Borobudur. Dari pengolahan hasil pengukuran diperoleh tinggi titik dan ketelitian beda tingginya.

Pemberian bobot Total Station sesuai dengan persamaan (Mikhail & Garcie, 1981):

$$P = \sigma_0^2 \Sigma_{Lb}^{-1} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

P : bobot hitungan

σ_0^2 : Varian apriori

Σ_{Lb}^{-1} : Matriks varian kovarian pengukuran

Setelah mendapatkan beda tinggi yang telah dikoreksi beserta tinggi titiknya, maka langkah selanjutnya adalah membandingkan ketelitian yang dihasilkan oleh pengukuran beda tinggi dengan menggunakan Total Station yang sebelumnya telah dikoreksi, dengan pengukuran beda tinggi dengan menggunakan Sipat Datar. Perbandingan hasil tersebut dilakukan dengan menggunakan Uji Fisher untuk menguji presisi dan Uji-t untuk menguji akurasi terhadap pengukuran Sipat Datar.

Tahapan penelitian secara garis besar adalah sebagai berikut:

1. Persiapan penelitian
2. Pengumpulan data meliputi:
 - a. Pengumpulan data beda tinggi Sipat Datar Leica SPRINTER-100 dan data pengukuran beda tinggi Total Station Nikon DTM-322.
 - b. Mencari pustaka terkait
3. Pengolahan data meliputi:
 - a. Pengolahan data ukuran Sipat Datar dan Total Station tanpa pemberian koreksi.
 - b. Pembentukan model matematis Sipat Datar, Total Station tanpa pemberian koreksi dan Total Station dengan pemberian koreksi.
 - c. Pembentukan matriks bobot Sipat Datar, Total Station tanpa pemberian koreksi dan Total Station dengan pemberian koreksi.
 - d. Pembentukan matriks metode parameter Sipat Datar, Total Station tanpa pemberian koreksi dan Total Station dengan pemberian koreksi.
 - e. Proses hitung perataan metode parameter terkendala minimal Sipat Datar, Total Station tanpa pemberian koreksi dan Total Station dengan pemberian koreksi.
 - f. Uji statistik untuk evaluasi hitung perataan Sipat Datar, Total Station tanpa pemberian koreksi dan Total Station dengan pemberian koreksi.
4. Analisis hasil meliputi:
 - a. Membandingkan varian aposteriori
 - b. Melakukan uji statistik varian komparatif dengan uji Fisher untuk membandingkan ketelitian hasil hitungan perataan.
 - c. Melakukan uji statistik parameter komparatif dengan uji tau (τ -tes) untuk membandingkan ketelitian hasil hitungan perataan.
 - d. Perbandingan tinggi dan ketelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada hasil hitung perataan jaring Sipat Datar ketelitian tinggi titik berkisar 0,002 m dan ketelitian tersebut sesuai dengan ketelitian alat yang dipakai yaitu Leica PRINTER-100 yang mencapai 0,001 m. Hasil perataan jaring Sipat Datar ini didapatkan varian aposteriori dengan nilai sebesar $\hat{\sigma}_0^2 = 3,26282\text{E-}08$. Proses hitung perataan dilanjutkan dengan proses uji statistik dengan uji-t. Hipotesis nol akan diterima apabila didapat nilai hasil perbandingan yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai yang didapat dari tabel yaitu 2,7764. Hasil dari uji statistik dengan uji-t menunjukkan penerimaan hipotesis nol pada semua data hasil pengukuran dengan alat Sipat Datar. Hal ini menunjukkan data hasil pengukuran tidak dihindangi kesalahan kasar.

Pada hasil hitung perataan jaring Total Station tanpa pemberian koreksi beda tinggi titik mencapai 0,0322 m. Pemberian bobot Total Station sesuai dengan persamaan 1.

Proses hitungan perataan dilanjutkan dengan uji statistik dengan uji-t. Hipotesis akan diterima apabila didapat nilai hasil perbandingan yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai yang didapat dari tabel yaitu 2,160. Hasil dari uji statistik dengan uji-t menunjukkan penerimaan hipotesis nol pada semua data hasil pengukuran Total Station. Hal ini menunjukkan data hasil pengukuran tidak dihindangi kesalahan kasar.

Pada hasil hitung perataan jaring Total Station tanpa pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi yang dihasilkan, didapatkan varian aposteriori sebesar $\hat{\sigma}_0^2 = 0,000229896$ dan rata-rata ketelitian titik tinggi sebesar 0,0314 m. Sedangkan pada hasil hitung perataan jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi yang dihasilkan, didapatkan varian aposteriori sebesar $\hat{\sigma}_0^2 = 0,000259295$ dan rata-rata ketelitian titik tinggi sebesar 0,0333 m. Proses hitungan perataan dilanjutkan dengan proses uji statistik menggunakan uji-t. Hipotesis akan diterima apabila didapat nilai hasil perbandingan yang lebih kecil dibandingkan dengan nilai yang didapat dari tabel yaitu 2,160. Hasil dari uji statistik dengan uji-t menunjukkan penerimaan hipotesis nol pada semua data hasil pengukuran Total Station tanpa pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$, maupun hasil hitung perataan jaring Total Station dengan pemberian koreksi. Hal ini menunjukkan data hasil pengukuran tidak dihindangi kesalahan kasar.

Perbandingan Nilai Varian Aposteriori

Nilai varian aposteriori hitungan kuadrat terkecil jaring Sipat Datar Candi Borobudur 2011 sebesar $\hat{\sigma}_0^2 = 3,26282\text{E-}08$. Nilai varian aposteriori

pada Sipat Datar yang begitu kecil dikarenakan ketelitian alatnya yang mencapai 0,001 m. Nilai varian aposteriori hitungan kuadrat terkecil jaring Total Station Candi Borobudur 2012 tanpa pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi, sebesar $\hat{\sigma}_0^2 = 0,000229896$. Setelah jaring Total Station Candi Borobudur 2012 diberikan koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi, varian aposteriorinya sebesar $\hat{\sigma}_0^2 = 0,000259295$. Dapat dilihat bahwa pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi, tidak dapat memperbaiki nilai varian aposteriori jaring Total Station Candi Borobudur 2012. Bahkan pemberian koreksi tersebut menambah nilai varian aposteriori jaring kontrol Total Station 2012, sehingga nilainya menjadi semakin jauh dari nilai aposteriori jaring Kontrol Sipat Datar 2011. Penambahan koreksi tersebut tidak merubah secara signifikan.

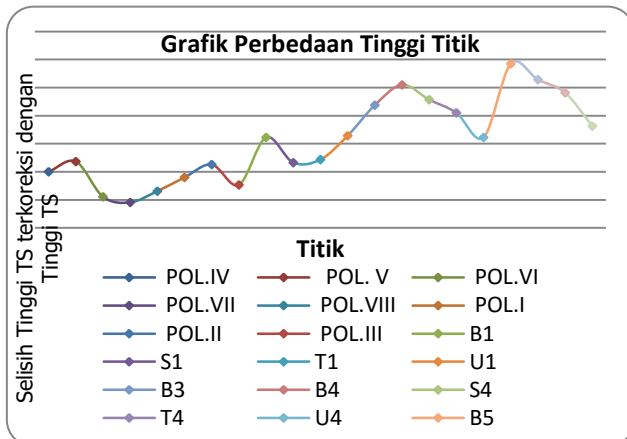
Perbandingan Jaring Total Station dengan Pemberian Koreksi dengan Tanpa Pemberian Koreksi

Uji perbandingan antar varian dilakukan dengan menggunakan uji Fisher. Pengujian dilakukan dengan kriteria $F_{i(1-\alpha, r_1, r_2)}$ yaitu taraf uji sebesar 95% dengan derajat kebebasan Total Station (r_2) adalah 13 dan derajat kebebasan Total Station dengan penerapan koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi (r_1) adalah 13. Uji Fisher ini dilakukan dengan cara membandingkan antara nilai varian hasil hitung perataan dari kedua jaring. Hipotesis akan diterima apabila didapat nilai hasil perbandingan berada diantara 0,3883 dan 2,575. Dari hasil pengujian dapat dikatakan terdapat penerimaan pada masing-masing titik jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi dari hasil uji Fisher. Hal ini menandakan titik-titik pada jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi memiliki ketelitian yang tidak berbeda signifikan dengan ketelitian titik-titik pada jaring Total Station tanpa koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi.

Selanjutnya, uji perbandingan parameter dilakukan dengan menggunakan uji signifikansi τ . Pengujian dilakukan dengan kriteria $\tau_{i(a/2, r)}$ yaitu taraf uji sebesar 95% dengan derajat kebebasan Total Station adalah 13 dan derajat kebebasan Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi adalah 13. Derajat kebebasan yang digunakan adalah jumlah dari derajat kebebasan keduanya yaitu r sebesar 26. Uji-t ini dilakukan dengan cara membandingkan selisih parameter kedua jaring dengan jumlah dari simpangan bakunya. Hipotesis akan diterima apabila didapat nilai hasil perbandingan diantara nilai -2,056 dan 2,056.

Dari hasil pengujian terlihat bahwa didapatkan penerimaan pada semua titik-titik jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi dari hasil uji- τ . Hal ini menandakan semua titik tinggi yang didapat dari jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi tidak berbeda secara signifikan dengan tinggi titik Total Station.

Pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi berpengaruh pada tinggi titik-titik. Pada titik tinggi Jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi berpengaruh sampai 0,0523 m. Perbandingan pola titik tinggi antara jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi dengan jaring Total Station disajikan dalam grafik seperti yang disajikan pada **Gambar 3**.



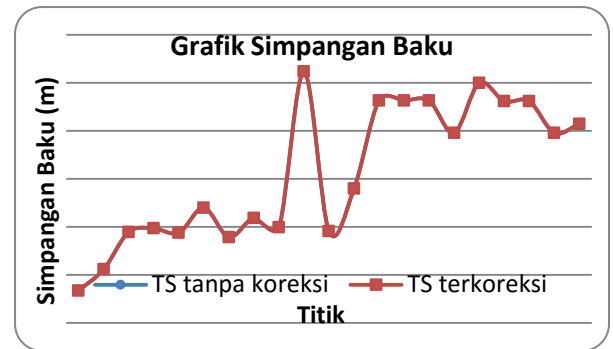
Gambar 3. Perbandingan Tinggi Titik antara Jaring Total Station dengan Koreksi pada Beda Tinggi dan Jaring Total Station.

Pada **Gambar 3** dapat terlihat bahwa perbedaan tinggi titik antara jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada Beda Tinggi dengan jaring Total Station berbeda pada fraksi centimeter.

Dapat dilihat kembali pada hasil uji parameter bahwa tinggi titik Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi terjadi penerimaan pada masing-masing data, maka tinggi titik Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi masih dapat dikatakan sama tingkat akurasi dengan tinggi titik jaring Total Station. Perbandingan pola ketelitian dari titik-titik antara jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi dengan jaring Total Station disajikan dalam grafik disajikan pada **Gambar 4**.

Pada **Gambar 4** dapat terlihat bahwa ketelitian antara jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi dengan jaring Total Station mempunyai perbedaan yang sangat kecil secara

grafis, bahkan hampir tidak terlihat. Simpangan baku jaring Total Station dan jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi berkisar pada fraksi sub milimeter. Terlihat juga bahwa tidak terjadinya perubahan ketelitian setelah jaring Total Station mendapatkan koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi. Secara garis besar koreksi tersebut belum dapat memperbaiki ketelitian jaring Total Station. Pemberian koreksi tersebut dapat dikatakan secara sistematis.



Gambar 4. Perbandingan Ketelitian antara Jaring Total Station dengan Koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada Beda Tinggi dengan Jaring Total Station.

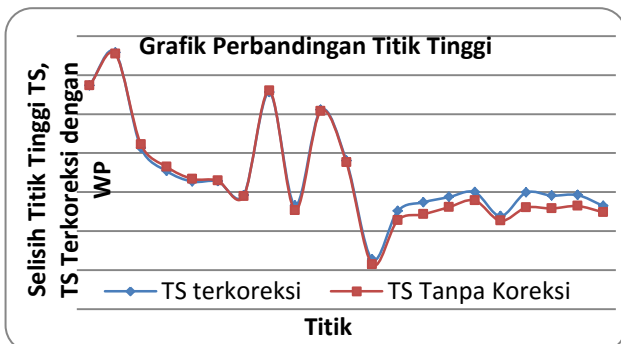
Perbandingan Jaring Total Station dengan Pemberian Koreksi dan Jaring Sipat Datar

Uji perbandingan antar varian dilakukan dengan menggunakan uji Fisher. Pengujian dilakukan dengan kriteria $F_{(1-\alpha, r_1, r_2)}$ yaitu taraf uji sebesar 95% dengan derajat kebebasan Sipat Datar (r_2) adalah 4 dan derajat kebebasan Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi (r_1) adalah 13. Uji Fisher ini dilakukan dengan cara membandingkan hasil hitung perataan antara nilai varian hasil hitung perataan dari kedua jaring. Hipotesis akan diterima apabila didapat nilai hasil perbandingan berada diantara 0,1697 dan 5,870. Dari hasil pengujian didapatkan penolakan pada semua titik-titik jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi dari hasil uji Fisher. Hal ini menandakan semua titik-titik jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi memiliki ketelitian yang berbeda signifikan dengan ketelitian Sipat Datar, atau dapat dikatakan titik-titik jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi berbeda tingkat presisinya dibandingkan dengan jaring Sipat Datar.

Selanjutnya, uji perbandingan parameter ini dilakukan dengan menggunakan uji signifikansi τ . Pengujian dilakukan dengan kriteria $\tau_{(1-\alpha/2, r)}$ yaitu taraf uji sebesar 95% dengan derajat kebebasan Sipat Datar adalah 4 dan derajat kebebasan Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x$

+ 0,0014 beda tinggi adalah 13. Derajat kebebasan yang digunakan adalah jumlah dari derajat kebebasan keduanya yaitu r sebesar 17. Uji t ini dilakukan dengan cara membandingkan selisih parameter kedua jaring dengan jumlah dari simpangan bakunya. Hipotesis akan diterima apabila didapat nilai hasil perbandingan diantara nilai -2,11 dan 2,11. Dari hasil pengujian dapat dikatakan secara keseluruhan terdapat penerimaan hipotesis nol pada semua titik-titik jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi dari hasil uji t , kecuali pada titik POL.IV, POL.V, POL.VI dan POL.III. Hal ini menandakan titik-titik jaring Total Station tersebut mempunyai akurasi tinggi titik yang tidak berbeda secara signifikan dengan tinggi titik jaring Sipat Datar.

Perbandingan tinggi dan ketelitian dari titik-titik jaring Sipat Datar dan jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi mempunyai perbedaan secara numeris. Untuk dapat melihat perbedaan tersebut secara grafis, perbandingan pola titik tinggi antara jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi dengan jaring Sipat Datar disajikan dalam grafik disajikan pada **Gambar 5**.

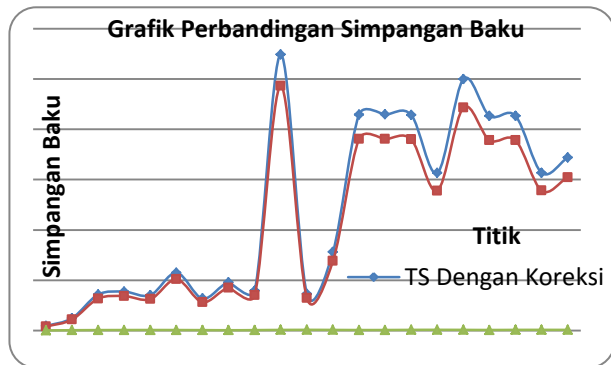


Gambar 5. Perbandingan tinggi titik antara jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada Beda Tinggi dengan jaring Sipat Datar.

Pada **Gambar 5** dapat terlihat bahwa perbedaan tinggi titik antara jaring Total Station tanpa koreksi dan Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi dengan jaring Sipat Datar berbeda pada fraksi centimeter. Dapat dilihat kembali pada hasil uji parameter bahwa tinggi titik Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi terjadi penerimaan pada masing-masing data kecuali pada empat titik, maka secara garis besar tinggi titik Total Station dengan pemberian koreksi pada beda tinggi masih dapat dikatakan tidak berbeda signifikan dengan titik-titik jaring Sipat Datar.

Perbandingan pola ketelitian dari titik-titik tinggi antara jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada

beda tinggi dan Sipat Datar disajikan dalam grafik disajikan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Perbandingan ketelitian titik antara jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada Beda Tinggi dengan Sipat Datar.

Pada **Gambar 6** dapat terlihat bahwa ketelitian antara jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi dengan jaring Sipat Datar mempunyai perbedaan secara grafis. Ketelitian jaring Sipat Datar berkisar pada fraksi milimeter, sedangkan ketelitian jaring Total Station dengan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada beda tinggi berkisar pada fraksi centimeter. Perbedaan ketelitian tersebut bisa saja dikarenakan ketelitian alat yang berbeda.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ pada hitung perataan jaring tidak berpengaruh secara signifikan dalam peningkatan ketelitian (simpangan bakunya) titik jaring Total Station Candi Borobudur 2012. Bahkan dapat dikatakan bahwa pemberian koreksi tersebut di beberapa titik hampir sama sekali tidak terjadi perubahan, namun mempengaruhi nilai tinggi titiknya berkisar antara 0,005 m sampai dengan 0,090 m. Dapat disimpulkan bahwa pemberian koreksi $y = 0,000126x + 0,0014$ bersifat sistematis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Dwi Lestari, M.T, M.Eng sebagai pembimbing penelitian ini sehingga penulis dapat menyelesaikan dengan mengembangkan ide yang telah ada. Terima kasih kepada Balai Konservasi Borobudur atas ijin dan kerjasamanya dalam pengambilan data pada tahun 2013. Para penyedia data dan informasi yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Mikhail, E. M., & Garcie, G. (1981). *Analysis and Adjustment of Survey Measurement*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Parseno, 1998, *Kerangka Kontrol Geodesi Sub Kerangka Kontrol Vertikal*, jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Fajri, S., 2010, *Perbandingan ketelitian Hasil Pengukuran Beda Tinggi Alat Ukur Sipat Datar Leica-SPRINTER-100 dan Alat Ukur Total Station Nikon DTM-352 pada Jaring Kontrol Vertikal di Fakultas Teknik UGM*, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nugroho, A. dkk., 2012, *Laporan Kerja Praktek Pengukuran Jaring Kontrol Vertikal untuk Pemantauan Candi dan Bukit Borobudur*, jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Perwita, A. Y., 2009, *Evaluasi Penerapan Model Koreksi pada Beda Tinggi Metode Trigonometri Hasil Ukuran Total Station Nikon DTM-352*, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Eniversitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Setyawan, J., 2011, *Studi Evaluasi Metode Pengukuran Stabilitas Candi Borobudur dan Bukit*, Balai Konservasi Peninggalan Borobudur, juni 2011, http://konservasiborobudur.org/download/jurnal/2011/Jurnal2011_6_Studi_Evaluasi_Metode_Pengukuran_Stabilitas_Candi_Borobudur_dan_Bukit.pdf (akses tanggal 16 Desember 2012).
- Parseno, and Yulaikhah, 2008, *Model Koreksi Beda Tinggi Secara Trigonometrik Hasil Ukuran Total Station Nikon DTM-352*, Media Teknik No.4, November 2008, <http://isjd.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/43008455461.pdf> (akses tanggal 16 Desember 2012).

Halaman ini sengaja dikosongkan